

FORTIFIKASI MINYAK IKAN HASIL SAMPING PENGALENGAN LEMURU PADA BAKSO SAPI DAN NUGGET AYAM

Fortification of Sardine Fish Oil from By-product of Canning Processing into Beef Meatball and Chicken Nugget

Teti Estiasih^{1*}, Endang Trowulan^{1,2}, Widya Dwi Rukmi¹

¹Program Studi Magister Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,
Universitas Brawijaya, Jalan Veteran Malang 65145. Telp/Faks 0341-569214

²Program Studi Teknik Pengolahan Produk Perikanan – Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo.
Jalan Raya Buncitan KP 1, Sedati, Sidoarjo

*Korespondensi: : teties@yahoo.co.id; teties@ub.ac.id

Diterima: 13 Maret 2017/ Disetujui: 18 April 2017

Cara sitasi: Estiasih T, Trowulan E, Rukmi WD. 2017. Fortifikasi minyak hasil samping pengalengan lemuru pada bakso sapi dan nugget ayam. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(1): 164-178.

Abstrak

Asam lemak ω -3 dapat diperoleh dari hasil samping pengalengan lemuru dan potensial digunakan untuk fortifikasi. Fortifikasi umumnya dilakukan dalam bentuk mikrokapsul minyak ikan, akan tetapi lebih mahal dibandingkan fortifikasi langsung. Minyak ikan dari hasil samping pengalengan lemuru pada penelitian ini, difortifikasikan secara langsung pada bakso sapi dan nugget ayam pada konsentrasi 0, 2, 4, dan 6% (b/b). Analisis yang dilakukan meliputi tingkat oksidasi, kadar asam lemak bebas, profil asam lemak, tekstur, warna, tingkat kecerahan, dan uji organoleptik perbedaan berupa uji segitiga. Hasil penelitian menunjukkan tingkat oksidasi pada nugget cenderung lebih tinggi dibandingkan bakso. Kadar asam lemak bebas meningkat pada nugget dengan meningkatnya tingkat fortifikasi tetapi menurun pada bakso. Tekstur kedua produk relatif tidak berubah akibat fortifikasi minyak ikan dengan kecenderungan kekerasan tekstur meningkat pada nugget dan menurun pada bakso. Kecerahan (L) permukaan bakso lebih tinggi dibandingkan nugget. Tingkat kecerahan tidak berbeda nyata dengan meningkatnya fortifikasi minyak ikan. Nilai kemerahan (+a) pada bakso dan nugget berubah secara signifikan. Tingkat kekuningan (+b) untuk kedua produk tidak berubah secara signifikan akibat peningkatan fortifikasi minyak ikan. Uji perbedaan menunjukkan bahwa tingkat fortifikasi 2% merupakan tingkat penambahan minyak ikan yang tidak dapat dibedakan oleh panelis untuk rasa dan bau. Tingkat penambahan minyak ikan 2% ini merupakan perlakuan terbaik. Kadar asam eikosapentaenoat (EPA) bakso dan nugget adalah 2,85 dan 2,22% pada tingkat fortifikasi 2%. Penurunan yang tajam terjadi pada EPA, dengan tingkat penurunan pada nugget lebih tinggi dibandingkan bakso.

Kata kunci: Asam eikosapentaenoat (EPA), asam lemak ω -3, tingkat oksidasi

Abstract

One source of ω -3 fatty acids is a by-product of lemuru canning processing that can be used for fortification. Generally, fortification uses fish oil microcapsule but it is more expensive than direct fortification. In this study, fish oil from a by-product of lemuru canning processing was directly fortified into beef meatball and chicken nugget at concentration of 0, 2, 4, and 6% (w/w). Oxidation level, free fatty acid content, colour, lightness, texture, and sensory acceptance by triangle difference test were analyzed. The results showed that oxidation level of nugget was higher than meatball. Free fatty acid content increased in nugget by increasing fortification level, but it was decrease in meatball. Texture of both was relatively unchanged, with a tendency to increase in nugget and decrease in meatball. Lightness (L) of meatball surface was higher than nugget surface. Lightness did not significantly change by increasing fortification level. Redness (+a) and yellowness (+b) of meatball and nugget changed significantly by fortification. Difference test showed that fortification level of 2% was the highest level of fortification that taste and odor could not

be distinguished with control by panelists. Best level of fish oil fortification was 2%. At 2% fortification, EPA was 2.85% for meatball, and 2.22% for nugget. Sharp decline was occurred in EPA and the decrease was higher in nugget than meatball.

Keywords: Eicosapentaenoic acid (EPA), ω -3 fatty acids, oxidation level

PENDAHULUAN

Lemuru merupakan salah satu ikan yang kaya akan asam lemak ω -3. Kadar asam lemak ω -3 pada minyak ikan lemuru dapat mencapai 19,37%, dengan jenis asam lemak ω -3 yang dominan adalah EPA (eicosapentaenoic acid, C20:5 ω -3) mencapai 14,46%, sedangkan kadar DHA (docosahexaenoic acid) 4,60% (Suseno *et al.* 2014). Minyak lemuru dihasilkan sebagai hasil samping pengalengan ikan lemuru (Purwanto *et al.* 2015). Minyak hasil samping pengalengan bergantung pada penanganan setelah dihasilkan, dapat memenuhi standar mutu minyak ikan untuk konsumsi (*edible fish oil*) (Estiasih *et al.* 2013a), sehingga dapat dimanfaatkan untuk produk pangan.

Produk pangan pada saat ini banyak ditambah asam lemak ω -3 disebabkan pentingnya khasiat asam lemak ω -3 bagi kesehatan. Asam lemak ω -3 merupakan asam lemak penting yang berperan dalam perlindungan terhadap penyakit kardiovaskular melalui berbagai mekanisme (Adkins dan Kelley 2010; Saravanan *et al.* 2010), mencegah peradangan dan aterosklerosis (Calder 2012).

Asam lemak ω -3 yang penting bagi kesehatan dari minyak ikan terutama adalah EPA dan DHA (docosahexaenoic acid, C22:6 ω -3). EPA berperan menurunkan pembentukan sel busa dan sel T pada plak aterosklerotik (Cawood *et al.* 2010), mencegah penyakit jantung koroner (Matsuzaki *et al.* 2009), memperbaiki profil lipid darah (Wei and Jacobson 2011), mencegah degenerasi makula pada retina (Augood *et al.* 2008), pengobatan penyakit psikiatri (Berger *et al.* 2007) seperti gejala depresi (Jazayeri *et al.* 2008), serta memperbaiki resistensi insulin (Perez-Matute *et al.* 2007). DHA berperan pada perkembangan jaringan syaraf, berperan pada neurogenesis, neurotransmisi, dan perlindungan terhadap stress oksidatif (Innis 2007).

Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa produk pangan mengandung asam lemak ω -3 berperan terhadap peningkatan kadar EPA dalam sel darah merah tetapi tidak mengubah status inflamasi (Fujioka *et al.* 2006). Kalanowski dan Laufenberg (2006) menyatakan bahwa berbagai penelitian menunjukkan bahwa pengayaan produk pangan dengan minyak ikan memberikan efek positif terhadap kesehatan, terutama perlindungan terhadap penyakit kardiovaskular, kanker, dan perbaikan perkembangan dan fungsi otak.

Sumber asam lemak ω -3 yang utama adalah ikan dan hasil laut, namun keterbatasan konsumsi ikan dan hasil laut akibat preferensi dan ketersediaan menyebabkan asupan asam lemak ω -3 menjadi terbatas. Oleh karena itu, berbagai upaya telah dilakukan antara lain dengan memproduksi produk pangan mengandung asam lemak ω -3 melalui fortifikasi. Fortifikasi dapat dilakukan melalui fortifikasi langsung menggunakan minyak ikan atau menggunakan mikrokapsul minyak ikan.

Fortifikasi minyak ikan mengandung asam lemak ω -3 telah dilakukan antara lain susu, roti, olesan (*spread*), biskuit, pasta, telur, dan margarin (Garg *et al.* 2006), produk susu seperti keju dan mentega (Kalanowski dan Weißbrod 2007). Estrada *et al.* (2011) melakukan fortifikasi emulsi minyak ikan pada yoghurt. Fortifikasi dalam bentuk minyak ikan bubuk telah dilakukan pada produk instan (Kalanowski *et al.* 2007).

Perubahan karakteristik produk selama proses fortifikasi sering terjadi misalnya perubahan karakteristik permen Lozenges (Kalanowski dan Weißbrod 2008), perubahan tingkat oksidasi dan warna yoghurt (Estrada *et al.* 2011), dan perubahan sifat sensori produk susu setelah penyimpanan 4 minggu (Kalanowski dan Weißbrod 2007). Perubahan yang terjadi terutama perubahan karakteristik sensori akibat bau amis (Kalanowski dan Weißbrod 2008).

Fortifikasi minyak ikan produk pangan biasanya dilakukan dalam bentuk mikrokapsul minyak ikan (Champagne dan Fustier 2007) dengan tujuan asam lemak ω -3 lebih stabil terhadap oksidasi dan menutupi bau amis (Barrow *et al.* 2009). Produk yang sudah difortifikasi mikrokapsul minyak ikan antara lain permen Lozenges (Kalanowski dan Weißbrod 2008). Kelemahan mikroenkapsulasi minyak ikan yaitu harganya lebih tinggi dibandingkan minyak ikan. Oleh karena itu penelitian fortifikasi langsung pada produk pangan perlu dikaji.

Produk pangan yang menjadi obyek penelitian ini adalah bakso dan nugget ayam. Bakso daging dan nugget ayam merupakan olahan daging yang sudah dikenal yang biasanya diasosiasikan dengan makanan berlemak dan mengandung kolesterol. Produk olahan tersebut melalui tahapan proses yang berbeda dengan paparan terhadap suhu yang juga berbeda sehingga menarik untuk dikaji pengaruh perbedaan proses tersebut terhadap sifat fisikokimia dan daya terima produk yang terkait dengan fortifikasi minyak ikan secara langsung. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh fortifikasi langsung minyak ikan pada produk pangan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak ikan hasil samping pengalengan lemuru yang telah dimurnikan yang berasal dari PT. Blambangan Food Packer Muncar – Banyuwangi tanpa dilakukan pemurnian terlebih dahulu. Bahan pembuatan bakso sapi dan nugget daging ayam meliputi; daging sapi dan ayam segar yang diperoleh dari pasar tradisional, es batu, bawang putih, merica bubuk, garam, gula pasir, isolat protein kedelai (ISP, isolated soya protein). Bahan kimia yang digunakan untuk analisa meliputi amonium tiosianat (NH_4FSCN), larutan ferro klorida (FeCl_2), indikator fenolftalein, indikator merah metil, indikator biru metil, kloroform (CH_3Cl), reagen Hanus, KI, natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), KOH, fenolftalein, benzena (C_6H_6), dan metanol dari Merck.

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan produk olahan meliputi; baskom, pisau, panci perebus, *blender* (Phillips), *food processor*, wajan, kompor gas, pengemas vakum, dan *freezer* (Gea). Peralatan analisis meliputi alat gelas, pnetrometer (Loyld), *color reader* (Minolta), dan alat *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS) (Shimadzu QP 2010 S).

Tabel 1 Formula bakso daging sapi dengan fortifikasi minyak hasil samping pengalengan lemuru

Bahan	0%		2%		4%		6%	
	g	%	g	%	g	%	g	%
Daging sapi	600	59,10	600	59,10	600	59,10	600	59,10
Tapioka	200	19,70	179,7	17,70	159,4	15,70	139,1	13,70
Garam	20	1,97	20	1,97	20	1,97	20	1,97
Gula	25	2,46	25	2,46	25	2,46	25	2,46
Bawang putih bubuk	15	1,48	15	1,48	15	1,48	15	1,48
Lada	2,5	0,25	2,5	0,25	2,5	0,25	2,5	0,25
Es batu	150	14,78	150	14,78		150	14,78	150
Jahe bubuk	2,5	0,25	2,5	0,25	2,5	0,25	2,5	0,25
BHA	0,1	0,01	0,1	0,01	0,1	0,01	0,1	0,01
BHT	0,1	0,01	0,1	0,01	0,1	0,01	0,1	0,01
Minyak ikan	0	0,00	20,3	2,00	40,6	4,00	60,9	6,00
Jumlah	1015,2	100,00	1015,2	100,00	1015,2	100,00	1015,2	100,00

Metode Penelitian

Karakterisasi Minyak Ikan

Minyak hasil samping pengalengan lemuru dikarakterisasi meliputi kadar asam lemak bebas berdasarkan asam oleat (AOAC 2006), bilangan peroksida metode Kim *et al.* (2005), bilangan p-anisidin, bilangan asam dan bilangan total oksidasi (IUPAC 1992), profil asam lemak dengan GC MS (Shimadzu QP 2010 S).

Pembuatan Bakso Daging Sapi

Formulasi bahan dasar bakso yang digunakan dalam penelitian ini adalah 600 g daging sapi, 200 g tepung tapioka, 150 g es batu, 2,5 g lada halus, 15 g bawang putih, 20 g dan 25 g gula (Tabel 1). Daging sapi dipisahkan jaringan ikatnya, dipotong kecil-kecil, ditambahkan garam dan es batu dan digiling sampai halus. Daging giling ditambahkan dengan bumbu-bumbu, yaitu gula, lada, bawang putih yang telah dihaluskan, minyak ikan, tapioka, dan es sedikit sampai membentuk adonan yang homogen. Adonan dibentuk bulat-bulat dan direbus dalam air mendidih sampai bakso mengapung (5 menit), diangkat dan dimasukkan dalam air es suhu <5°C, ditiriskan dan dikemas vakum

dalam kemasan aluminium foil, dibekukan dengan menggunakan air blast freezing dan disimpan dalam freezer suhu -12°C sampai waktu pengujian.

Pembuatan Nugget Daging Ayam

Formulasi nugget daging ayam secara umum adalah daging ayam 500 g, 100 g tapioka, 150 g terigu, 20 g isolat protein kedelai, 20 g garam, 30 g gula, 20 g bawang putih 20 gram, lada 2,5 g, es batu 100 g (Tabel 2). Bahan pelapis terdiri dari adonan batter mix yang terdiri atas terigu 2 g, tapioka 50 g, air es 150 mL, dan telur ayam 50 g, dan bahan pelapis luar tepung roti (*bread crumb*). Daging ayam sebagai bahan utama dipisahkan dari tulang dan kulit, kemudian dipotong-potong kecil, dicampur dengan garam dan es batu, dan dilanjutkan dengan penggilingan sampai daging halus. Bumbu gula, lada, bawang putih halus kemudian dicampurkan hingga homogen. Secara terpisah ISP dicampur dengan air es dan minyak ikan menggunakan *mixer* dan dikocok hingga mengembang, kemudian ditambahkan ke adonan nugget. Terakhir ditambahkan terigu dan tapioka dan dicampur rata. Selanjutnya dilakukan pencetakan, pencelupan dalam adonan batter

Tabel 2 Formula nugget ayam yang difortifikasi minyak hasil samping pengalengan lemuru

Bahan	0%		2%		4%		6%	
	g	%	g	%	g	%	g	%
Daging ayam	500,0	53,18	500	53,18	500	53,18	500	53,18
Tapioka	200,0	19,70	179,7	17,70	159,4	15,70	139,1	13,70
Terigu	150,0	15,95	150	15,95	150	15,95	150	15,95
Tapioka	100,0	10,64	81,2	8,64	62,40	6,64	43,59	4,64
Garam	20,0	2,13	20	2,13	20	2,13	20	2,13
Gula	30,0	3,19	30	3,19	30	3,19	30	3,19
Lada	2,5	0,27	2,5	0,27	2,5	0,27	2,5	0,27
ISP	20,0	2,13	20	2,13	20	2,13	20	2,13
Jahe bubuk	2,5	0,27	2,5	0,27	2,5	0,27	2,5	0,27
Bawang putih	15	1,60	15	1,60	15	1,60	15	1,60
BHA	0,1	0,01	0,09	0,01	0,09	0,01	0,09	0,01
BHT	0,1	0,01	0,09	0,01	0,09	0,01	0,09	0,01
Es batu	100	10,64	100	10,64	100	10,64	100	10,64
Minyak ikan	0	0	18,80	2,00	37,60	4,00	56,41	6,00
Jumlah	940,2	100,00	940,2	100,00	940,2	100,00	940,2	100,00

mix, dan pelapisan dengan *bread crumb*. Nugget digoreng pada suhu 160°C selama 2 menit.

Karakterisasi Bakso dan Nugget

Analisis fisik meliputi analisis tekstur menggunakan penetrometer dan warna dengan *color reader* (Minolta). Ekstraksi lemak produk dengan menggunakan metode Bligh dan Dyer (1959). Analisis kimia kualitas lemak dari produk yang meliputi analisis kadar asam lemak bebas (AOAC 2006), bilangan peroksida metode Kim *et al.* (2005), bilangan p-anisidin, bilangan asam (IUPAC 1992), bilangan total oksidasi (AOAC 2006), uji komposisi asam lemak dengan metode kromatografi gas-spektroskopi massa (GC-MS) dan analisis retensi asam lemak ω -3. Analisis organoleptik menggunakan metode perbedaan uji segitiga (*triangle test*).

Analisis Profil Asam Lemak

Analisis profil asam lemak dilakukan pada minyak hasil ikan samping pengalengan lemuru, bakso dan nugget. Metilasi dilakukan mengikuti prosedur Christopherson dan Glass (1969). Ekstraksi lemak dari bakso dan nugget dilakukan sesuai prosedur Bligh dan Dyer (1959). Kondisi operasional GC-MS (Shimadzu QP 2010 S) adalah sebagai berikut: jenis kolom Agilent TJ%W DB-1; panjang kolom 30 meter, diameter internal kolom 0,25 mm; gas pembawa helium; suhu kolom 50°C; suhu injektor 300°C; mode injeksi split; tekanan gas pembawa 12 kPa; kecepatan aliran gas 0,54 mL/menit; suhu detektor 250°C, sistem ionisasi electron impact (EI); dan energi ionisasi 70 Ev.

Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) pada ($\alpha = 0,05$) dilanjutkan dengan uji lanjut Tukey ($\alpha = 0,05$) jika perlakuan menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Minyak Hasil Samping Pengalengan Lemuru

Karakteristik minyak ikan hasil samping pengalengan lemuru memiliki mutu yang masih memenuhi standar minyak makan dari IFOMA (*International Fish Oil and Meal Manufacturer Association*), namun belum memenuhi standar IFOS (*International Fish Oil Standard*) dan draft CAC (*Codex Alimentarius Commission*) untuk bilangan asam, kadar asam lemak bebas, bilangan p-anisidin, dan total oksidasi (Tabel 3).

Bilangan asam menunjukkan jumlah KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas yang ada dalam minyak. Bilangan asam yang sedikit lebih tinggi dari standar dalam draft Codex dan IFOS disebabkan pada proses penangangan hasil samping ini dapat terjadi hidrolisis trigliserida sehingga dihasilkan asam lemak bebas. IFOMA tidak menetapkan batasan bilangan asam, tetapi menetapkan kadar asam lemak bebas. Minyak hasil samping pengalengan lemuru ini mempunyai kadar asam lemak bebas yang tidak melebihi batas maksimum IFOMA, akan tetapi mengacu pada draft Codex dan IFOS kadar asam lemak bebas terlalu tinggi sehingga tidak sesuai standar. Asam lemak ω -3 dalam bentuk asam lemak bebas mempunyai bioavailabilitas yang tinggi yaitu daya serap mencapai 91% (Dyerberg *et al.* 2010), akan

Tabel 3 Karakteristik minyak ikan hasil samping pengalengan lemuru

Parameter	Minyak hasil samping	Standar		
		IFOMA	Draf CAC	IFOS
Bilangan asam mg (KOH/g)	3,2500 \pm 1,05	-	<3	< 3
Asam lemak bebas (% oleat)	2,5600 \pm 0,63	1 – 7	<1	<1
Bilangan peroksida (PV) (meq/kg)	4,4000 \pm 0,72	3 – 20	<5	< 5
Bilangan p-anisidin (pAV)	27,730 \pm 0,81	4 – 60	<20	< 20
Bilangan totoks (2PV + pAV)	36,530 \pm 1,90	10 – 60	<26	<26
Bilangan iod (mg/100g)	168,33 \pm 1,53	120 – 200	-	-

tetapi keberadaannya dalam minyak ikan tidak diinginkan karena asam lemak bebas bersifat prooksidan yang memicu oksidasi.

Bilangan p-anisidin merupakan indikator tingkat oksidasi sekunder akibat dekomposisi peroksida dalam bentuk aldehida dan keton. Produk oksidasi sekunder berhubungan erat dengan bau dan rasa menyimpang (*off-flavor*) (Venkateshwarlu *et al.* 2004). Total oksidasi merupakan indikator oksidasi minyak secara keseluruhan yang merupakan penggabungan antara oksidasi primer dan oksidasi sekunder. Minyak hasil samping pengalengan lemuru menunjukkan total oksidasi yang memenuhi standar IFOMA tetapi melebihi batasan maksimum dari draft Codex dan IFOS. Kadar asam lemak tidak jenuh yang tinggi di dalam minyak ikan lemuru (Suseno *et al.* 2014) menyebabkan minyak ini mudah teroksidasi. Minyak ini merupakan hasil samping dan bukan merupakan produk utama dari industri pengalengan ikan, sehingga dalam penanganannya kurang hati-hati untuk meminimalkan oksidasi. Kadar asam lemak

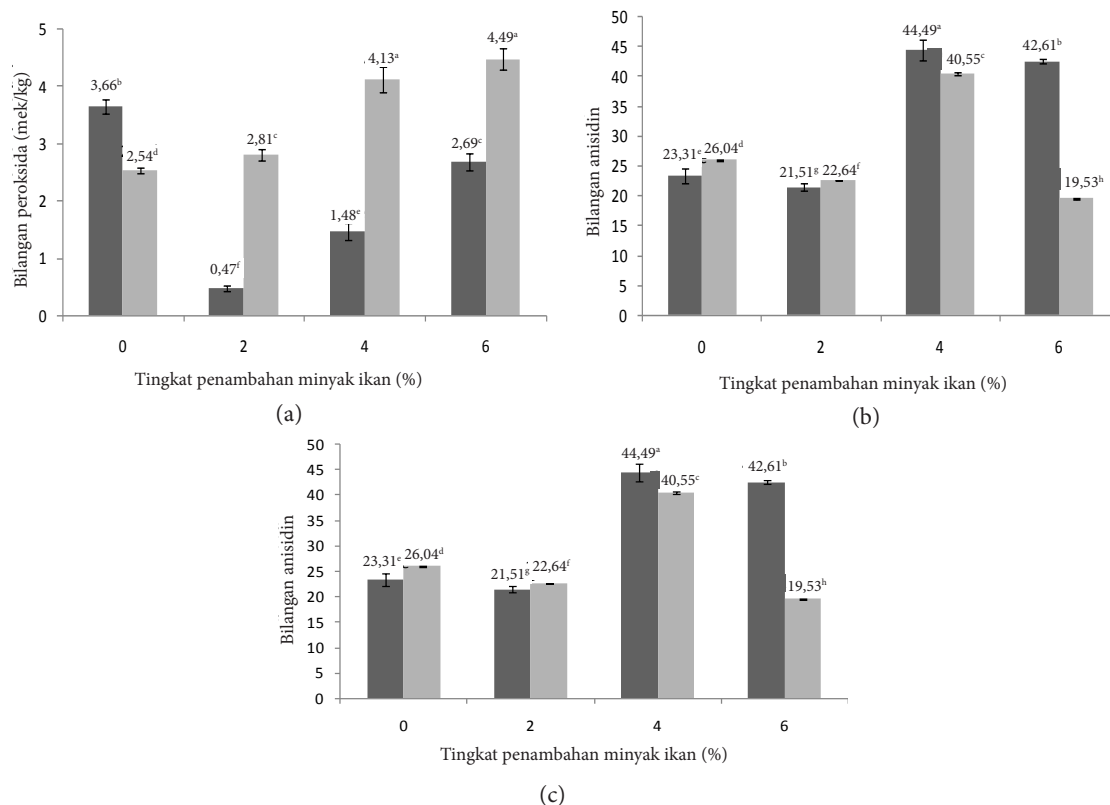
bebas, bilangan p-anisidin, dan total oksidasi masih memenuhi standar IFOMA. Oleh karena itu minyak hasil samping pengalengan lemuru ini tetap digunakan untuk fortifikasi bakso sapi dan nugget ayam.

Karakteristik Kimia Nugget dan Bakso yang Difortifikasi Minyak Ikan Lemuru

Tingkat Oksidasi

Tingkat oksidasi ditunjukkan dengan bilangan peroksida sebagai indikator primer, bilangan anisidin sebagai indikator oksidasi sekunder, dan bilangan total oksidasi (totoks) yang menunjukkan oksidasi saat ini dan yang lampau (Shahidi dan Wanasundara 2002). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tingkat oksidasi bakso dan nugget berbeda nyata dan tingkat penambahan minyak ikan menyebabkan perbedaan nyata ($\alpha=0,05$), tetapi tidak ada interaksi antar keduanya (Gambar 1).

Bilangan peroksida nugget dengan penambahan minyak ikan lebih tinggi



Gambar 1 Tingkat oksidasi bakso sapi (■) dan nugget ayam (■) yang difortifikasi minyak ikan lemuru (a) bilangan peroksida, (b) bilangan p-anisidin, dan (c) bilangan total oksidasi

dibandingkan bakso. Bakso tanpa penambahan minyak ikan memiliki bilangan peroksida lebih tinggi dibandingkan bakso yang difortifikasi minyak ikan. Hal ini disebabkan peroksida merupakan produk oksidasi primer yang mudah terdekomposisi (Kolakowska 2002) dan diduga selama proses pengolahan terjadi degradasi peroksida menjadi produk oksidasi sekunder. Tingkat fortifikasi minyak ikan 2%, bilangan peroksida bakso lebih rendah, meningkatnya minyak ikan pada bakso dan nugget menyebabkan bilangan peroksida semakin meningkat. Peningkatan tersebut disebabkan peningkatan ketidakjenuhan minyak akibat adanya minyak ikan. Velasco *et al.* (2003) menyatakan bahwa berbagai faktor mempengaruhi oksidasi lipid terutama tingkat ketidakjenuhan, oksigen, cahaya, suhu, prooksidan, dan antioksidan.

Bilangan p-anisidin pada produk tanpa fortifikasi minyak ikan lebih tinggi dibandingkan yang difortifikasi 2%. Peningkatan minyak ikan lebih lanjut menyebabkan bilangan anisidin cenderung meningkat, walaupun pada tingkat penambahan minyak ikan 4% jumlahnya lebih besar dibandingkan 6%. Bilangan p-anisidin merupakan indikator produk oksidasi sekunder yang merupakan hasil dekomposisi peroksida dan umumnya berberat molekul rendah seperti aldehid dan keton (Osborn dan Akoh 2004). Produk oksidasi ini yang menimbulkan bau tidak enak dan mudah menguap akibat pemanasan. Hal ini yang menyebabkan pada konsentrasi yang tinggi, ketidakstabilan produk oksidasi sekunder terlihat sehingga jumlahnya mengalami penurunan.

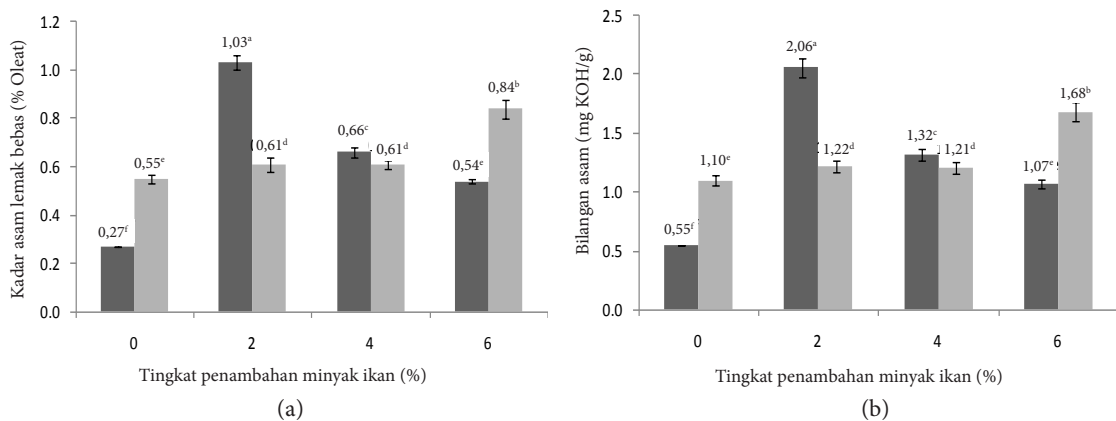
Bilangan total oksidasi cenderung meningkat dengan bertambahnya minyak ikan pada produk bakso, namun pada produk nugget, tingkat penambahan minyak ikan 6% menunjukkan total oksidasi yang lebih rendah dibandingkan tingkat penambahan 4%. Total oksidasi merupakan penggabungan antara oksidasi primer (oksidasi saat ini) dan oksidasi sekunder (oksidasi lampau). Bilangan p-anisidin pada tingkat penambahan minyak ikan 6% lebih rendah dibandingkan penambahan 4% sehingga menyebabkan bilangan total oksidasi mempunyai pola yang

sama. Ye *et al.* (2009) menunjukkan bahwa tingkat oksidasi keju yang difortifikasi minyak ikan lebih tinggi dibandingkan keju tanpa fortifikasi. Panpipat dan Yongsawatdigul (2008) menunjukkan bahwa hidroperoksida dan *thiobarbituric reactive substances* (TBARS) meningkat pada sosis ikan air tawar sebagai akibat peningkatan penambahan minyak ikan tuna.

Tingkat oksidasi akibat penambahan minyak ikan pada bakso dan nugget berbeda secara nyata ($\alpha = 0,05$). Bilangan peroksida pada bakso akibat penambahan minyak ikan cenderung lebih rendah dibandingkan nugget, tetapi bilangan p-anisidin cenderung lebih tinggi. Bilangan total oksidasi bakso cenderung lebih tinggi dibandingkan nugget. Bakso dan nugget mempunyai perbedaan komposisi dan proses pengolahan. Bakso berbahan utama daging sapi yang mempunyai asam lemak yang lebih jenuh dari daging ayam (Yilmaz *et al.* 2002) sebagai bahan baku utama nugget. Hal ini yang menyebabkan bilangan peroksida pada nugget lebih tinggi dibandingkan bakso karena lemak lebih mudah teroksidasi. Pemanasan pada bakso lebih lama menyebabkan dekomposisi peroksida menjadi produk oksidasi sekunder yang diukur dengan bilangan p-anisidin lebih tinggi dibandingkan nugget. Tingkat oksidasi bakso secara umum lebih tinggi dibandingkan nugget, hal ini terutama disebabkan oleh pemanasan bakso yang lebih lama, walaupun lemak pada daging sapi lebih jenuh dibandingkan daging ayam. Let *et al.* (2007) menyatakan bahwa nilai bilangan peroksida yang lebih rendah tetapi kadar senyawa volatil yang lebih tinggi menunjukkan dekomposisi peroksida yang cepat. Oksidasi yang lebih cepat diduga terjadi pada pengolahan bakso yang ditunjukkan bilangan p-anisidin yang lebih tinggi tetapi bilangan peroksida yang lebih rendah dibandingkan nugget. Keberadaan heme yang lebih banyak pada daging sapi juga dapat memicu oksidasi.

Kadar Asam Lemak Bebas

Kadar asam lemak bebas dan bilangan asam merupakan indikator tingkat hidrolisis lemak. Kadar asam lemak bebas dan bilangan asam bakso cenderung lebih tinggi



Gambar 2 Tingkat hidrolisis lemak bebas bakso sapi (■) dan nugget ayam (▒) yang difortifikasi minyak ikan lemuru (a) kadar asam lemak bebas, (b) bilangan asam

dibandingkan nugget kecuali pada tingkat penambahan minyak ikan 6% (Gambar 2). Produk tanpa fortifikasi minyak ikan memiliki kadar asam lemak bebas bakso lebih rendah dibandingkan nugget. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi tanpa penambahan minyak ikan proses hidrolisis lebih banyak terjadi pada pengolahan nugget atau bahan baku awal daging ayam sudah mengandung asam lemak bebas yang lebih tinggi.

Asam lemak bebas erat kaitannya dengan hidrolisis lemak yang dimediasi oleh keberadaan air. Jenis lemak pada daging sapi dibedakan menjadi lemak dalam di dalam otot (*intramuscular* atau *marbling fat*), antar otot (*intermusclar fat*) (Noci *et al.* 2005), dan lemak cadangan (*deposit fat*) sedangkan pada daging unggas lemak merupakan *deposit fat*. Hal ini menyebabkan pada kondisi tanpa fortifikasi minyak ikan, lemak ada daging ayam lebih mudah bersentuhan dengan air sehingga mudah terhidrolisis dan menyebabkan kadar asam lemak bebas yang lebih tinggi pada nugget dibandingkan bakso.

Peningkatan fortifikasi minyak ikan menyebabkan kadar asam lemak bebas menurun pada bakso sapi tetapi cenderung meningkat pada nugget ayam. Peningkatan fortifikasi minyak ikan menyebabkan peningkatan jumlah lemak yang dapat terhidrolisis yang kemungkinan besar terjadi sebelum bahan nugget dan bakso mengalami pemanasan. Oscai *et al.* (1990) menyatakan bahwa hidrolisis dapat dimediasi oleh lipase

endogen yang ada di dalam daging. Lipase tersebut terutama pada jaringan adiposa, dengan jumlah lemak di adiposa pada daging ayam lebih banyak dibandingkan daging sapi. Hal ini yang menyebabkan pada kondisi tanpa penambahan minyak ikan, kadar asam lemak bebas nugget lebih tinggi dari bakso, dan peningkatan tingkat fortifikasi menyebabkan peningkatan kadar asam lemak bebas pada nugget. Penurunan kadar asam lemak bebas pada bakso dengan peningkatan tingkat fortifikasi minyak ikan diduga disebabkan proses inaktivasi lipase endogen yang lebih intensif pada bakso dibandingkan nugget akibat proses pemanasan yang lebih lama. Lipase ada yang bersifat termostabil tetapi umumnya berasal dari mikrobia (Haki dan Rakshit 2003). Lipase endogen dari jaringan otot daging kemungkinan aktif pada saat preparasi bahan dan secara bertahap terdenaturasi selama pemanasan, sehingga pemanasan yang lebih lama menyebabkan inaktivasi lipase yang lebih sempurna.

Tingkat hidrolisis lemak dipengaruhi oleh kadar air (Zullaikah *et al.* 2005). Protein sapi diduga mempunyai kemampuan pembentukan gel protein yang lebih rendah dari protein ayam sehingga kemungkinan air bebas dalam bakso lebih tinggi dibandingkan nugget ayam. Protein miofibril pada daging berperan dalam pengikatan air dan pembentukan gel (Sun dan Holley 2011), hal ini yang menyebabkan kadar asam lemak bebas cenderung lebih rendah pada nugget dibandingkan bakso sapi.

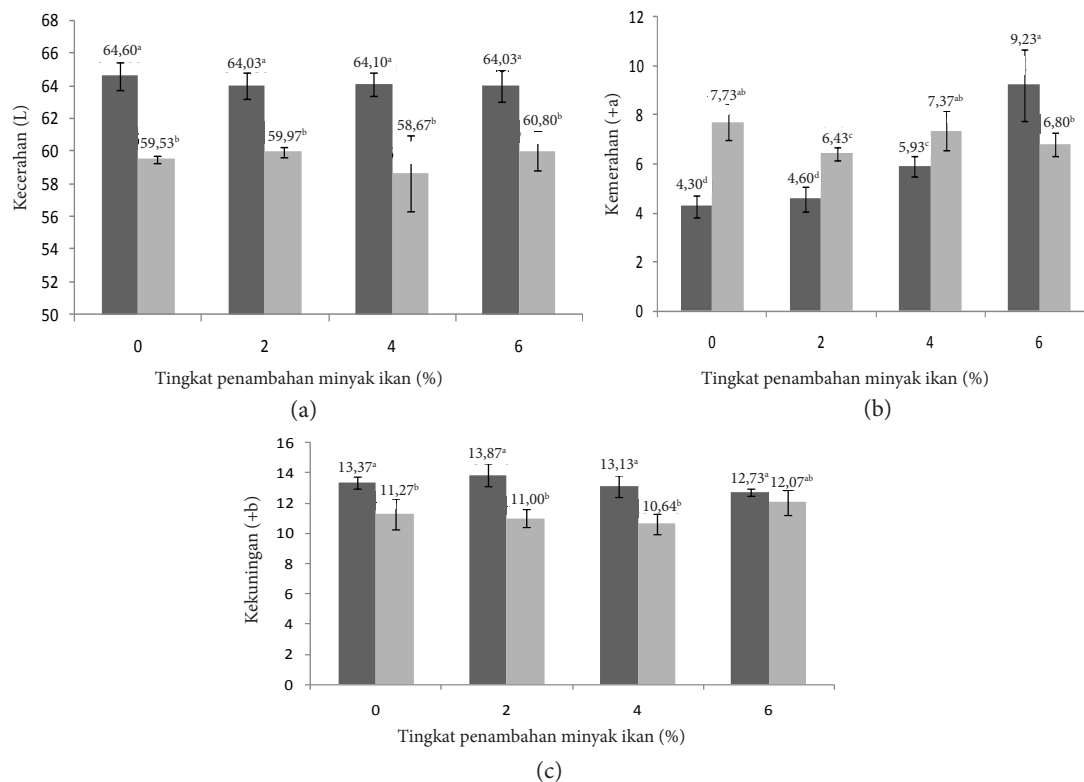
Sifat Fisik Nugget dan Bakso yang Difortifikasi Minyak Ikan Lemuru Warna Permukaan

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa antara bakso dan nugget mempunyai perbedaan warna permukaan yang ditunjukkan oleh kecerahan (L), kemerahan (+a), dan kekuningan (+b) yang nyata ($\alpha=0,05$) (Gambar 3). Fortifikasi minyak ikan yang ditambahkan semakin tinggi maka warna permukaan menjadi cenderung semakin gelap baik pada bakso maupun nugget. Saricoban dan Yilmaz (2010) menjelaskan bahwa pada kondisi mentah kadar lemak pada bakso berwarna lebih merah, tetapi ketika dimasak kadar lemak tidak mempengaruhi warna internal dan permukaan.

Kecenderungan perubahan warna akibat peningkatan fortifikasi minyak ikan disebabkan minyak lemuru memiliki warna coklat gelap. Faktor yang mempengaruhi warna lemak atau minyak sangat banyak, dan adanya metmioglobin menyebabkan warna lemak menjadi lebih gelap (Irie 2001). Minyak ikan untuk fortifikasi merupakan

hasil samping pengalengan lemuru yang diperoleh dari tahap pra-pemasakan, pada proses ini dihasilkan cairan yang disebut stick water dan merupakan campuran minyak, air, dan padatan halus. Kemungkinan pigmen heme dari bagian daging merah ikan terlarut dalam minyak dan dapat oksidasi selama penanganan minyak menjadi metmioglobin yang berwarna coklat.

Nilai kecerahan (L) bakso lebih tinggi dibandingkan nugget untuk semua tingkat fortifikasi minyak ikan. Bakso berwarna putih-abu-abu sedangkan nugget kecokelatan. Warna coklat pada nugget disebabkan oleh reaksi pencokelatan yang terjadi selama penggorengan selain dipengaruhi juga oleh warna tepung roti sebagai penyalut. Ngadi *et al.* (2007) menyatakan bahwa warna permukaan nugget ayam disebabkan serangkaian reaksi kompleks pada penyalut nugget. Penurunan kecerahan dapat disebabkan oleh reaksi pencokelatan Maillard dan karamelisasi pada suhu penggorengan yang tinggi. Peningkatan lama penggorengan menyebabkan penurunan kecerahan (L)



Gambar 3 Perubahan warna bakso (■) dan nugget (▒) yang difortifikasi berbagai konsentrasi minyak hasil samping pengalengan lemuru (a) kecerahan (L), (b) kemerahan (+a), dan (c) kekuningan (+b)

sedangkan kemerahan (+a) dan kekuningan (+b) meningkat. Warna daging bakso terutama disebabkan oleh pigmen mioglobin. Kong *et al.* (2007) menyatakan bahwa mioglobin dapat teroksidasi dan terdenaturasi dengan adanya panas, menjadi metmioglobin yang berwarna coklat (Lee *et al.* 1999).

Perubahan warna selama pemasakan daging adalah kecerahan dan kekuningan menurun, akan tetapi kemerahan meningkat yang disebabkan oleh perubahan suhu internal di dalam produk dan keadaan pigmen sarkoplasma (Perez-Alvarez dan Fernandez-Lopez 2009). Warna kemerahan bakso dan nugget berubah secara signifikan akibat fortifikasi (Gambar 3). Warna kekuningan cenderung tetap baik pada bakso maupun nugget dengan bertambahnya tingkat fortifikasi. Kemungkinan faktor penting yang mempengaruhi perubahan warna kemerahan pada bakso adalah peningkatan fortifikasi menyebabkan warna lebih merah yang berasal dari minyak ikan.

Peningkatan fortifikasi minyak ikan menyebabkan tingkat oksidasi semakin meningkat, hal ini diduga menyebabkan warna cenderung lebih gelap dengan bertambahnya fortifikasi minyak ikan pada nugget dan warna kemerahan pada bakso. Zamora dan Hidalgo (2005) menyatakan bahwa produk oksidasi lipid dapat berkontribusi pada reaksi Maillard, dan reaksi Maillard dapat diinisiasi baik oleh karbohidrat maupun lipid.

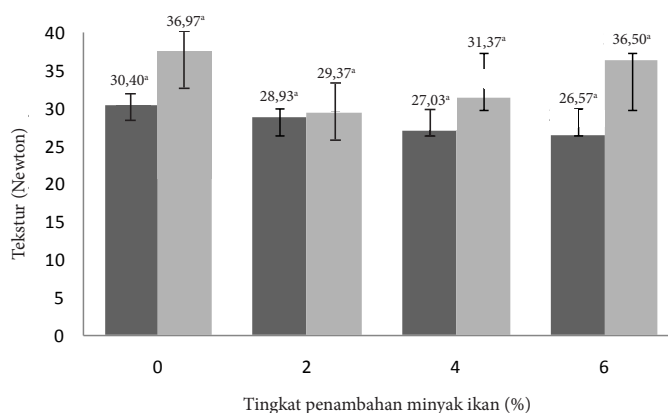
Kekerasan Tekstur

Tekstur bakso cenderung lebih lunak dibandingkan nugget walaupun secara statistik tidak berbeda nyata ($\alpha=0,05$) (Gambar 4). Perbedaan tersebut disebabkan oleh kadar air bakso yang lebih tinggi akibat proses pengolahannya melalui perebusan, sedangkan nugget mempunyai kadar air lebih rendah akibat proses penggorengan. Selama penggorengan terjadi penguapan air yang menyebabkan kadar air nugget menurun (data tidak ditunjukkan).

Peningkatan fortifikasi minyak ikan menyebabkan kekerasan tekstur bakso cenderung menurun, sedangkan pada nugget cenderung meningkat walaupun tidak signifikan. Perbedaan pola tersebut diduga disebabkan perbedaan tingkat oksidasi yang ditunjukkan bilangan peroksida. Bilangan peroksida nugget lebih tinggi dibandingkan bakso untuk semua tingkat fortifikasi minyak ikan. Saeed dan Howell (2002) oksidasi lipid berkontribusi pada pembentukan ikatan kovalen menyebabkan tekstur menjadi lebih keras. Oksidasi lipid juga berkontribusi terhadap denaturasi protein. Denaturasi protein pada kondisi kering menyebabkan tekstur menjadi lebih keras. Adapun pada kondisi basah tidak menyebabkan perubahan kekerasan tekstur.

Karakteristik Organoleptik

Pengujian organoleptik dilakukan dengan metode perbedaan uji segitiga dengan



Gambar 4 Perubahan kekerasan tekstur bakso sapi (■) dan nugget ayam (■) yang difortifikasi berbagai konsentrasi minyak hasil samping pengalengan lemuru

Tabel 4 Profil asam lemak minyak ikan hasil samping pengalengan lemuru, bakso, dan nugget yang difortifikasi minyak ikan

Struktur	Nama trivial	Kelimpahan (% relatif)		
		Minyak ikan	Bakso	Nugget
C12:0	Asam laurat	0	0	0,49
C14:0	Asam miristat	6,98	7,88	3,68
C15:0	Asam pentadekanoat	0,46	0,88	0
C16:0	Asam palmitat	0	28,55	42,08
C16:1 ω -7	Asam palmitoleat	23,2	10,8	1,9
C18:0	Asam stearat	3,58	8,97	3,94
C18:1 ω -7	Asam vasenat	0	4,71	0
C18:1 ω -9	Asam oleat	15,43	0	35,75
C18:1 ω -12	Asam petraselonat	0	0,15	0
C18:2 ω -6	Asam linoleat	17,21	31,89	10,45
C18:3 ω -3	Asam alfa linolenat	0,88	0,25	0
C18:3 ω -6	Asam gama linolenat	2,2	0	0
C20:1 ω -9	Asam gondoat	0,97	0	0
C20:3 ω -7	Asam eikosatrienoat	0	0	0,25
C20:4 ω -6	Asam arakhidonat	0	0,41	0
C20:5 ω -3	Asam eikosapentaenoat	22,76	2,6	2,22
C22:1 ω -9	Asam erukat	0	1,15	0
lain-lain		6,32	1,93	0
SFA (<i>saturated fatty acid</i>)		11,41	47,15	50,19
MUFA (<i>monounsaturated fatty acid</i>)		39,6	16,81	37,65
PUFA (<i>polyunsaturated fatty acid</i>)		43,05	35,15	12,92
MUFA + PUFA		82,65	51,96	50,57
Asam lemak ω -3		23,64	2,85	2,22
Asam lemak ω -6		19,41	32,3	10,45
Retensi asam lemak ω -3 (%)		-	12,06	9,39

Keterangan: *berdasarkan persentase luas area puncak asam lemak yang diidentifikasi terhadap total luas area puncak asam lemak yang muncul pada kromatogram

menggunakan panelis semi terlatih untuk atribut sensori rasa dan bau. Panelis mampu membedakan secara signifikan perbedaan rasa dan bau baik pada produk bakso ataupun nugget yang difortifikasi dengan minyak ikan pada tingkat fortifikasi 4 dan 6%. Tingkat penambahan 2% panelis tidak mampu mendeteksi perbedaan bau maupun rasa antara produk yang difortifikasi dengan kontrol tanpa fortifikasi. Kadar lemak produk juga mempengaruhi daya terima terhadap produk yang difortifikasi minyak ikan. Kolanowski

dan Weißbrodt (2007) menunjukkan bahwa produk susu tinggi lemak dapat difortifikasi pada tingkat yang lebih tinggi dibandingkan produk dengan kadar lemak rendah.

Penambahan minyak ikan 2% menyebabkan bau amis dari minyak ikan yang ditambahkan masih bisa tersamarkan oleh bau bumbu rempah (bawang putih dan jahe) sehingga panelis tidak mampu mendeteksi perbedaan. Begitu juga dengan rasa, pada perlakuan fortifikasi 2% penyimpangan rasa belum terasa kuat, karena didominasi oleh

rasa dari bumbu-bumbu yang ditambahkan yang merupakan kombinasi rasa antara garam, gula, bawang putih dan jahe. Tingkat fortifikasi 2% ini merupakan perlakuan terbaik untuk bakso sapi dan nugget ayam. Tantangan dalam fortifikasi minyak ikan pada produk olahan memiliki tantangan pada bau amis, yaitu bau asli minyak ikan yang menyebabkan pengaruh negatif terhadap bau dan rasa produk yang difortifikasi dengan minyak ikan (Kolanowski and Laufenberg 2006).

Profil Asam Lemak

Profil asam lemak bakso dan nugget yang difortifikasi minyak ikan 2% yang dianalisis pada penelitian ini karena merupakan tingkat fortifikasi tertinggi yang tidak dapat dibedakan oleh panelis berdasarkan uji segitiga sehingga dipilih sebagai perlakuan terbaik. Tabel 4 menunjukkan bahwa akibat pengolahan bakso dan nugget terjadi penurunan kadar asam lemak ω -3. Minyak ikan hasil samping pengalengan lemuru mempunyai asam lemak ω -3 sebesar 23,64% dengan EPA sebagai asam lemak ω -3 utama (22,76%), sedangkan DHA tidak terdeteksi. Penelitian sebelumnya menunjukkan kadar EPA dari minyak hasil samping pengalengan ikan lemuru sebesar 15,87% (Estiasih *et al.* 2013b).

Retensi asam lemak ω -3 pada bakso lebih tinggi dari pada nugget. Asam lemak ω -3 dapat dipertahankan selama proses pengolahan hanya sebesar 12,06% dan 9,39%. Penurunan asam lemak ω -3 yang tajam terjadi ada EPA yaitu menurun dari 22,76% menjadi 2,60 dan 2,22% pada bakso dan nugget. Penurunan asam lemak ω -3 yang lebih tinggi pada nugget disebabkan proses penggorengan yang menggunakan suhu lebih tinggi walaupun lebih sebentar dibandingkan perebusan bakso. Penurunan yang tajam pada EPA disebabkan EPA mempunyai lima ikatan rangkap sehingga sangat rentan terhadap oksidasi. Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa kerusakan asam lemak terutama terjadi pada asam lemak tidak jenuh yang ditunjukkan penurunan kadar asam lemak tidak jenuh dan peningkatan asam lemak jenuh.

KESIMPULAN

Fortifikasi bakso sapi dan nugget ayam dengan minyak hasil samping pengalengan menyebabkan perubahan tingkat oksidasi, kadar asam lemak bebas dan karakteristik produk. Tingkat oksidasi pada nugget cenderung lebih tinggi dibandingkan bakso, kadar asam lemak bebas meningkat pada nugget dengan meningkatnya tingkat fortifikasi tetapi menurun pada bakso. Tekstur kedua produk relatif tidak berubah, kecerahan (L) cenderung menurun dengan peningkatan fortifikasi. Warna kemerahan (+a) dan kekuningan (+b) permukaan kedua produk berubah akibat fortifikasi. Tingkat fortifikasi 2% merupakan tingkat penambahan minyak ikan yang tidak dapat dibedakan oleh panelis untuk rasa dan bau, dengan kadar EPA bakso dan nugget adalah 2,85% dan 2,22%. Tingkat fortifikasi 2% ini merupakan perlakuan terbaik untuk kedua produk. Penurunan yang tajam terjadi pada EPA dengan tingkat penurunan lebih tinggi pada nugget dibandingkan bakso. Dilihat dari tingkat oksidasi dan kadar asam lemak bebas, produk bakso dan nugget yang difortifikasi minyak ikan lemuru aman untuk dikonsumsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adkins SY, Kelley D. 2010. Mechanisms underlying the cardioprotective effects of omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 21:781–792.
- Augood C, Chakravarthy U, Young I, Vioque J, de Jong PTVM, Bentham G, Rahu M, Seland J, Soubrane G, Tomazzoli L, Topouzis F, Vingerling JR, Fletcher AE. 2008. Oily fish consumption, dietary docosahexaenoic acid and eicosapentaenoic acid intakes, and associations with neovascular age-related macular degeneration. *American Journal of Clinical Nutrition*. 88: 398-406.
- AOAC [Association of Official Analytical Chemists]. 2006. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. AOAC International, Washington.

- Barrow CJ, Nolan C, Holub BJ. 2009. Bioequivalence of encapsulated and microencapsulated fish-oil supplementation. *Journal of Functional Foods*. 1: 38-43.
- Berger GE, Proffitt TM, McConchie M, Yuen HP, Wood SJ, Amminger GP, Brewer W, McGorry PD. 2007. Ethyl-eicosapentaenoic acid in first-episode psychosis: a randomized, placebo-controlled trial. *Journal of Clinical Psychiatry*. 68: 1-9.
- Bimbo AP. 1998. Guidelines for characterizing food-grade fish oil. *INFORM International News on Fats, Oils and Related Material*. 9: 473 – 483.
- Bligh EG, Dyer WJ. 1959. A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*. 37: 911-917.
- Calder PC. 2012. The role of marine omega-3 (n-3) fatty acids in inflammatory processes, atherosclerosis and plaque stability. *Molecular Nutrition and Food Resesearch*. 56: 1073–1080.
- Cawood AL, Ding R, Napper FL, Young RH, Williams JA, Ward MJA, Gudmundsen O, Vige R, Payne SPK, Ye S, Shearman CP, Gallagher PJ, Grimble RF, Calder PC. 2010. Eicosapentaenoic acid (EPA) from highly concentrated n-3 fatty acid ethyl esters is incorporated into advanced atherosclerotic plaques and higher plaque EPA is associated with decreased plaque inflammation and increased stability. *Atherosclerosis*. 212(1): 252-259.
- Champagne CP, Fustier P. 2007. Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. *Current Opinion in Biotechnology*. 18: 184-190.
- Christopherson SW, Glass RL. 1969. Preparation of milk fat methyl esters by alcoholysis in an essentially nonalcoholic solution. *Journal of Dairy Science*. 55: 1289-1290.
- Dyerberg J, Madsen P, Møller JM, Aardestrup I, Schmidt EB. 2010. Prostaglandins, bioavailability of marine n-3 fatty acid formulations. *Leukotrienes and Essential Fatty Acids*. 83(3): 137-141.
- Estiasih T, Ahmadi K, Nisa FC. 2013a. Optimizing conditions for the purification of omega-3 fatty acids from the by-product of tuna canning processing. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 5(5): 522-529.
- Estiasih T, Ahmadi K, Ginting E, Albab AU. 2013b. Optimization of high EPA structured phospholipids synthesis from ω -3 fatty acid enriched oil and soy lecithin. *Journal of Food Science and Engineering*. 3:25-32.
- Estrada D, Boeneke C, Bechtel P, Sathivel S. 2011. Developing a strawberry yogurt fortified with marine fish oil. *Journal of Dairy Science*. 94: 5760–5769.
- Fujioka S, Hamazaki K, Itomura M, Huan M, Nishizawa H, Sawazaki S, Kitajima I, Hamazaki T. 2006. The effect of eicosapentaenoic fortified food on inflammatory marker in healthy subjects – a randomized-placebo controlled, double-blind study. *Journal of Nutrition Science and Vitaminology*. 52:261-265.
- Garg ML, Wood LG, Singh H, Moughan PJ. 2006. Means of delivering recommended levels of long chain n-3 polyunsaturated fatty acids in human diets. *Journal of Food Science*. 71(5): R66 – R71.
- Haki GD, Rakshit SK. 2003. Developments in industrially important thermostable enzymes: a review. *Bioresource Technology*. 89(1): 17-34.
- Innis SM. 2007. Dietary (n-3) fatty acids and brain development. *Journal of Nutrition*. 137(4): 855–859.
- Irie M. 2001. Optical evaluation of factors affecting appearance of bovine fat. *Meat Science*. 57(1): 19-22.
- IUPAC [International Union of Pure and Applied Chemistry]. 1992. Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives. 1st Supplement to the 7th Edition. London: Oxford Blackwell Scientific Publication.
- Jazayeri S, Tehrani-Doost M, Keshavarz SA, Hosseini M, Djazayeri J, Amini H, Jalali M, Peet M. 2008. Comparison of therapeutic effects of omega-3 fatty acid eicosapentaenoic acid and fluoxetine, separately and in combination, in major

- depressive disorder. *Australian and New Zealand Journal of Psychiatry*. 42:192-198.
- Kim OS. 2005. Radical scavenging activity and antioxidant activity of the E vitamin fraction in rice bran. *Journal of Food Science*. 73: 208-2013.
- Kolanowski W, Laufenberg G. 2006. Enrichment of food products with polyunsaturated fatty acids by fish oil addition. *European Food Research Technology*. 222: 472-477.
- Kolanowski W, Weißbrodt J. 2007. Sensory quality of dairy products fortified with fish oil. 2007. *International Dairy Journal*. 17:1248-1253.
- Kolanowski W, Jaworska D, Laufenberg G, Weißbrodt J. 2007. Evaluation of sensory quality of instant foods fortified with omega-3 PUFA by addition of fish oil powder. *European Food Research Technology*. 225:715-721.
- Kolanowski W, Weißbrodt J. 2008. Possibilities of Fisherman's Friend type lozenges fortification with omega-3 LC PUFA by addition microencapsulated fish oil. *Journal of American Oil Chemists' Society*. 85(4):339-345.
- Kolakowska A. 2002. Lipid oxidation in food systems. In Sikorski ZE, Kolakowska A. Chemical and Functional Properties of Food Lipids. New York (US): CRC Press.
- Kong F, Tang J, Rasco B, Crapo C, Smiley S. 2007. Quality changes of salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) muscle during thermal processing. *Journal of Food Science*. 72(2): 103-111.
- Lee BJ, Hendricks DG, Cornforth DP. 1999. A comparison of carnosine and ascorbic acid on color and lipid stability in a ground beef pattie model system. *Meat Science*. 51(3): 245-253.
- Let MB, Jacobsen C, Meyer AS. 2007. Lipid oxidation in milk, yoghurt, and salad dressing enriched with neat fish oil or pre-emulsified fish oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55(19): 7802-7809.
- Matsuzaki M, Yokoyama M, Saito Y, Origasa H, Ishikawa Y, Oikawa S, Sasaki J, Hishida H, Itakura H, Kita T, Kitabatake A, Nakaya N, Sakata T, Shimada K, Shirato K, Matsuzawa Y. 2009. Incremental effects of eicosapentaenoic acid on cardiovascular events in statin-treated patients with coronary artery disease secondary prevention analysis from JELIS. *Circulation Journal*. 73: 1283-1290.
- Ngadi M, Li Y, Oluka S. 2007. Quality changes in chicken nuggets fried in oils with different degrees of hydrogenation. *LWT-Food Science and Technology*. 40: 1784-1791.
- Noci F, Monahan FJ, French P, Moloney AP. 2005. The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of pasture-fed beef heifers: Influence of the duration of grazing. *Journal of Animal Science*. 83: 1167-1178.
- Oscari LB, Essig DA, Palmer WK. 1990. Lipase regulation of muscle triglyceride hydrolysis. *Journal of Applied Physiology*. 69(5): 1571-1577.
- Osborn HT, Akoh CC 2004. Effect of emulsifier type, droplet size, and oil concentration on lipid oxidation in structured lipid-based oil-in-water emulsions. *Food Chemistry*. 84(3): 451-456.
- Perez-Alvarez JA, Fernandez-Lopez J. 2009. Color characteristics of meat and poultry processing. In Nollet LML, Toldra F. Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis. New York: CRP Press.
- Perez-Matute P, Perez-Echarri N, Martinez JA, Marti A, Moreno-Aliaga MJ. 2007. Eicosapentaenoic acid actions on adiposity and insulin resistance in control and high-fat-fed rats: role of apoptosis, adiponectin and tumour necrosis factor- α . *British Journal of Nutrition*. 97: 389-398.
- Panpipat W, Yongsawatdigul J. 2008. Stability of potassium iodide and omega-3 fatty acids in fortified freshwater fish emulsion sausage. *LWT - Food Science and Technology*. 41(3): 483-492.
- Purwanto MGM, Maretha MV, Wahyudi M, Goeltom MT. 2015. Whole cell hydrolysis of sardine (*Sardinella lemuru*) oil waste using *mucor circinelloides* NRRL 1405 immobilized in poly-urethane foam. *Procedia Chemistry*. 14: 256-262.

- Saeed S, Howell NK. 2002. Effect of lipid oxidation and frozen storage on muscle proteins of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82(5): 579-586.
- Saravanan P, Davidson NC, Schmidt EB, C Calder PC. 2010. Cardiovascular effects of marine omega-3 fatty acids. *The Lancet*. 376: 540-550.
- Saricoban C, Yilmaz MT. 2010. Modelling the effects of processing factors on the changes in colour parameters of cooked meatballs using response surface methodology. *World Applied Sciences Journal*. 9(1):14-22.
- Shahidi F, Wanasundara UN. 2002. Methods for measuring oxidative rancidity on fats and oils. In Akoh CC, Min DB. *Food lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*. 2nd ed. New York: Marcel Dekker Inc.
- Sun XD, Holley RA. 2011. Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods. 2011. *Comprehensive Review in Food Science and Food Safety*. 10(1): 33-51.
- Suseno SH, Saraswati, Hayati S, Izaki AF. 2014. Fatty acid composition of some potential fish oil from production centers in Indonesia. *Oriental Journal of Chemistry*. 30(3): 975-980.
- Venkateshwarlu G, Let MB, Meyer AS, Jacobsen C. 2004. Modeling the sensory impact of defined combinations of volatile lipid oxidation products on fishy and metallic off-flavors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52(6): 1635-1641.
- Velasco PJ, Dobarganes C, Márquez-Ruiz G. 2003. Variables affecting lipid oxidation in dried microencapsulated oils. *Grasas y Aceites*. 54(3): 304-314.
- Wei MY, Jacobson TA. 2011. Effects of eicosapentaenoic acid versus docosahexaenoic acid on serum lipids: a systematic review and meta-analysis. *Current Atherosclerosis Reports*. 13: 474-483.
- Ye A, Cui J, Taneja A, Zhu X, Singh H. 2009. Evaluation of processed cheese fortified with fish oil emulsion. *Food Research International*. 42: 1093-1098.
- Yılmaz I, Simşek O, Işıklı M. 2002. Fatty acid composition and quality characteristics of low-fat cooked sausages made with beef and chicken meat, tomato juice and sunflower oil. *Meat Science*. 62(2): 253-258.
- Zamora R, Hidalgo FK. 2005. Coordinate contribution of lipid oxidation and Maillard reaction to the nonenzymatic food browning. *Journal Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 45(1):49-59.
- Zullaikah, Lai CC, Vali SR, Ju YH. 2005. A two-step acid-catalyzed process for the production of biodiesel from rice bran oil. *Bioresource Technology*. 96(17):1889-1896.